

EP04/07112

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 103 29 641.7

**Anmeldetag:** 01. Juli 2003

**Anmelder/Inhaber:** Compact Dynamics GmbH, 82319 Starnberg/DE

**Bezeichnung:** Wanderfeldmaschine

**IPC:** H 02 K 3/04

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 21. Juli 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

  
Letang

## Wanderfeldmaschine

### Beschreibung

#### 5 Bereich der Erfindung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Wanderfeldmaschine. Insbesondere betrifft die Erfindung eine Wanderfeldmaschine mit einem Ständer und einem Läufer, die jeweils wenigstens eine Ständerspule bzw. eine Läuferspule aufweisen, wobei der Ständer bzw. der Läufer einen weichmagnetischen Eisenkörper mit einem Ständer- bzw. Läuferrücken aufweist, an dem unter Bildung von Zähnen beabstandete Nuten ausgebildet sind.

#### 10 Begriffsdefinitionen

Unter dem Begriff "Wanderfeldmaschinen", also Asynchron-, Synchron-, Reluktanzmaschinen, permanent erregte elektrische Maschinen, etc. sind sowohl Motoren als auch Generatoren verstanden, wobei es insbesondere für die Erfindung unerheblich ist, ob eine solche Maschine als rund laufende Maschine oder zum Beispiel als Linearmotor ausgestaltet ist. Außerdem ist die Erfindung sowohl bei Innenläufermaschinen als auch bei Außenläufermaschinen einsetzbar.

#### 20 Hintergrund der Erfindung

Bei der Verminderung des Bauraums hocheffizienter elektrischer Maschinen spielt die Bauform und Anordnung der Leiter der Feldwicklungen eine entscheidende Rolle. Möglichst kurze Leiterlängen in den Wicklungsköpfen bei einer hohen Raumausnutzung vermindern die ohmschen Verluste und erhöhen die Leistungsdichte.

Da die ohmschen Verluste in der Ansteuerungsschaltung und in der (Stator-)Wicklung dem zu schaltenden Strom proportional sind, muß eine gewisse Leiterlänge im Magnetfeld bereitgestellt werden, um bei einem möglichst niederohmigen Leiteraufbau eine der gewünschten hohen Ansteuerspannung entsprechende induzierte Gegenspannung zu erzeugen.

Konventionelle elektrische Maschinen werden überwiegend mit kontinuierlichen Drähten - meist mit rundem Querschnitt - gewickelt. Ein dünner, flexibler Draht lässt sich zwar einfach in die Nuten einlegen, ein Nachteil besteht jedoch in der geringen Raumausnutzung in den Nuten und Wicklungsköpfen. Drähte mit rundem Leiterquerschnitt können die Querschnittsfläche der Nut nicht vollständig ausnutzen. Der Raum

in den Wicklungsköpfen kann dadurch ebenfalls nur unzureichend genutzt werden und die magnetisch nicht wirksame Leiterlänge, das Gesamtgewicht, der Raumbedarf und die ohmschen Verluste steigen an.

#### 5 Stand der Technik

Aus der EP 1 039 616 A2 (Honda Giken) ist eine Wanderfeldmaschine bekannt, deren Ständer eine Ständerspule trägt. Der Ständer hat einen weichmagnetischen Eisenkörper mit einem Ständerrücken an dem unter Bildung von Zähnen beabstandete Nuten ausgebildet sind. Die Ständerspulen haben jeweils einen in einer der Nuten angeordnete Leiterstab und an den Stirnseiten des Ständers angeordnete, die Leiterstäbe verbindende Stirnverbinder. Die Leiterstäbe haben alle die gleiche axiale Länge. Die Stirnverbinder der Ständerspulen sind in einer Lage an den Stirnflächen des Ständers quer zum Nutengrund angeordnet. Die Stirnverbinder sind als symmetrische Teile gestaltet und überragen den Nutengrund abwechselnd in Richtung des Ständerrückens und zum Luftspalt der Wanderfeldmaschine hin. Die Stirnverbinder und die Leiterstäbe sind miteinander vernietet.

#### 15 Der Erfindung zugrundeliegendes Problem

Den vorstehend erläuterten, bekannten Anordnungen haftet der Nachteil an, die Anforderungen an die Leistungsdichte und Zuverlässigkeit, wie sie in einigen Anwendungsbereichen gestellt werden, nur teilweise zu erfüllen.

Die Ausgestaltung der Spulenköpfe ist ein für den Wirkungsgrad der elektrischen Maschine wesentlicher Faktor, wobei die bekannten Ausgestaltungen hinsichtlich der Erfordernisse einer Massenfertigung nicht für hoch-effiziente Maschinen optimiert sind. Ausserdem erlaubt zum Beispiel das in der EP 1 039 616 A2 beschriebene Konzepte nicht den Einsatz mehrlagiger Wicklungen, da hierbei die Stirnverbinder miteinander kollidieren würden.

#### 30 Erfindungsgemäße Lösung

Als Lösung dieser Probleme lehrt die Erfindung eine Wanderfeldmaschine der oben genannten Art, mit einem Ständer und einem Läufer, die durch einen Luftspalt getrennt sind und die jeweils wenigstens eine Ständerspule bzw. eine Läuferspule aufweisen, wobei der Ständer bzw. der Läufer einen weichmagnetischen Eisenkörper mit einem Ständer- bzw. Läuferücken aufweist, an dem unter Bildung von Zähnen beabstandete Nuten ausgebildet sind, und in jeder der Nuten mehrere Leiterstäbe der Ständerspule bzw. der Läuferspule in Reihe angeordnet sind und an den Stirnsei-

ten des Ständers bzw. Läufers angeordnete, die Leiterstäbe verbindende, über wenigstens eine Nut reichende Stirnverbinder aufweisen, wobei in jeder der Nuten jeweils zueinander benachbart angeordnete Leiterstäbe unterschiedlich lange, die Stirnseiten des Ständers bzw. Läufers überragende Leiterabschnitte aufweisen, und die Stirnverbinder zumindest teilweise in axialer Richtung treppenartig in Richtung des Statorrückens oder des Luftspaltes der elektrischen Maschine geschichtet an den Stirnseiten des Ständers bzw. Läufers angeordnet sind.

Diese Ausgestaltung erlaubt eine maximale Ausnutzung des vorhandenen Raums (sowohl in axialer als auch in radialer bzw. seitlicher Richtung) bei gleichzeitiger Leistungsoptimierung der elektrischen Maschine mit sehr hoher Zuverlässigkeit im Betrieb bei geringen Herstellungskosten.

#### Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung

Bevorzugt sind die Stirnverbinder an ihren beiden Endbereichen mit Querabschnitten versehen, durch die sie mit den Enden der Leiterstäbe verbunden sind. Die Länge der Querabschnitte bestimmt dabei wie weit die Wicklungsköpfe ausgehend von den Leiterstäben über den Rücken des Läufers oder Ständers reichen.

Die Leiterstäbe können an ihren Enden jeweils einen Verbindungsbereich aufweisen, der mit entsprechenden Abschnitten an den Stirnverbindern für eine mechanische und elektrische Verbindung zusammenpaßt. Die Ausgestaltung der mechanischen und elektrischen Verbindung kann unterschiedlich sein. Zum Beispiel sind die Verbindungsbereiche an den Enden der Leiterstäbe bzw. der Querabschnitte der Stirnverbinder durch Ausnehmungen oder Verjüngungen gebildet, in bzw. an die die entsprechenden Abschnitte der Stirnverbinder bzw. der Leiterstäbe gefügt und durch Laser-Schweißen oder Elektro-Impuls-Schweißen kontaktiert sein.

Die Verbindung zwischen dem Endabschnitt des Leiterstabes und dem Endabschnitt des Stirnverbinders kann auch - unabhängig von der konstruktiven Gestaltung des Endabschnittes des Leiterstabes und dem Endabschnitt des Stirnverbinders eine Schicht aus Hartlot, vorzugsweise Silberhartlot, Zinnhartlot oder dergl. aufweisen, oder die Verbindung zwischen dem Endabschnitt des Leiterstabes und dem Endabschnitt des Stirnverbinders hat eine Schicht aus Hochtemperaturweichlot, vorzugsweise mit einem Schmelzpunkt von mindestens etwa 380 Grad Celsius.

Die Querabschnitte an den beiden Endbereichen der Stirnverbinder zu den jeweiligen Enden der Leiterstäbe können unterschiedlich lang und/oder mit unterschiedlichem Winkel abgewinkelt sein.

5 Je nach dem, ob es sich bei der elektrischen Maschine um einen Innenläufer oder einen Aussenläufer handelt, können die Nuten sich zu dem Luftspalt zwischen dem Ständer und dem Läufer hin verjüngen oder erweitern. Damit können die in den Nuten angeordneten Leiterstäbe abhängig von ihrer Position in der Nut eine an die Nutweite zumindest teilweise angepaßte Breite aufweisen. Dies bietet die maximale  
10 Ausnutzung des verfügbaren Nutraums.

15 Eine gute Raumausnutzung kann auch dadurch erreicht werden, daß zumindest auf einer der beiden Stirnseiten des Ständers die Stirnverbinder nicht nur in Richtung des Ständerrückens, sondern auch in Richtung des Luftspaltes zwischen dem Ständer und dem Läufer hin angeordnet sind. In diesem Fall steigt die Länge der Leiterstäbe sowohl vom Ständerrücken, als auch vom Luftspalt zwischen Ständer und Läufer her zur Mitte der Wicklungskammer hin an.

20 Vorzugsweise sind die Leiterstäbe und/oder die Stirnverbinder mit einem Keramik- oder Email-Überzug versehen. Dabei ist es vorteilhaft, die beiden Teile zu im wesentlichen L-förmigen Bauteilen zusammen zu fügen, vor dem Zusammenfügen oder daran anschließend mit dem Keramik- oder Email-Überzug zu versehen, sie dann lagenweise (von beiden Stirnseiten her) in die Nuten des weichmagnetischen Körpers einzubringen und dann zu den jeweiligen Wicklungen zu verbinden.

Weitere Merkmale, Eigenschaften, Vorteile und mögliche Abwandlungen werden für einen Fachmann anhand der nachstehenden Beschreibung deutlich, in der auf die beigefügte Zeichnung Bezug genommen ist.

30 In Fig. 1 ist eine schematische, perspektivische Explosionsansicht eines Ständers für eine elektrische Maschine gemäß der Erfindung veranschaulicht.

In Fig. 2 ist der Aufbau einer Wicklung einer elektrischen Maschine gemäß Fig. 1 schematisch veranschaulicht.

35 In Fig. 3a, 3b sind die Stirnverbinder der elektrischen Maschine gemäß Fig. 1 in einer vergrößerten Darstellung veranschaulicht.

Detaillierte Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen

In Fig. 1 sind zwei unterbrochene Abschnitte einer Abwicklung eines Ständers 10 einer (nicht weiter veranschaulichten) Innenläufermaschine in einer Draufsicht  
5 gezeigt, wobei die Erfindung auch für eine Außenläufermaschine einsetzbar ist. Der Ständer 10 ist in der vorliegenden Ausführungsform aus (nicht weiter veranschaulichten) übereinandergestapelten Blechen aufgebaut, könnte aber auch aus zu der entsprechenden Form gepreßten und gesinterten Eisenpartikeln bestehen.

10 Der Ständer 10 mit einem Ständerrücken 11 hat nebeneinander angeordnete Nuten 12, durch die Wicklungskammern für die entsprechenden Ständerspulenwicklungen 14 gebildet sind. In der gezeigten Ausführungsform haben die Wicklungskammern 12 einen im wesentlichen rechteckigen Querschnitt, wobei sie an ihrer dem (nicht gezeigten) Läufer zugewandten Seite Schlitze 16 haben. Jeweils zwischen zwei  
15 Schlitten 16 ist damit ein Zahn 18 gebildet.

Jede Ständerspule 14 ist aus im Querschnitt im wesentlichen rechteckigen Leiterstäben 20 gebildet, welche in die Wicklungskammern 12 eingebracht sind und mit  
20 Stirnverbindern 22 verbunden sind. Die Stirnverbinder 22 aller Wicklungen bilden zusammen Wicklungsköpfe 24 an beiden Stirnflächen des Ständers 10. Der besseren Übersicht wegen sind einige der Ständerspulen 14 weggelassen und auch der Ständer 10 in zwei Abschnitten mit einer Unterbrechung dargestellt.

Die Stirnverbinder 22 sind im wesentlichen quer zum Grund 17 der Nuten 16 - bezogen auf die Längsachse der Leiterstäbe 20 - orientiert und überragen den Grund 17 der Nuten 16 teilweise in Richtung des Ständerrückens 11. Dabei haben die  
Stirnverbinder 22 relativ zur Stirnfläche des Ständers 10 bzw. Läufers eine im wesentlichen parallele Orientierung.

30 Die Stirnverbinder 22 sind an einem oder an beiden ihrer Endbereiche mit den Enden 26 der Leiterstäbe 20 durch quer zur Längsachse der Leiterstäbe 20 orientierte Querabschnitte 28 verbunden (siehe auch Fig. 3a und 3b). Die Querabschnitte können entweder - wie in der Fig. 1 gezeigt - Teil des Stirnverbinders 22, oder Teil des jeweiligen Leiterstabes 20 sein.

35 Wie insbesondere in Fig. 1 und 3a zu sehen ist, sind die Querabschnitte 28 an den beiden Endbereichen der Stirnverbinder 22 zu den jeweiligen Enden 26 der Leiterstä-

be 20 unterschiedlich lang um die jeweilige Relativ-Position des Stirnverbinders 22 im Wickelkopf 24 zu erreichen. Die Querabschnitte 28 haben jeweils eine rechteckige Ausnehmung 28a, in die die Enden 26 der Leiterstäbe 20 eingeführt und elektrisch und mechanisch, zum Beispiel durch Laserschweißen verbunden sind.

5

In Fig. 2 ist schematisch gezeigt, wie die Leiterstäbe 20 durch die Stirnverbinder 22 mit ihren an einem Ende der Leiterstäbe 20 unterschiedlich langen Querabschnitten 28 zu einer Ständerspulen 14 zusammengefügt werden.

10

In Fig. 3a ist einer der in Fig. 1 am oberen Ende der Leiterstäbe 20 angeordneten Stirnverbinder 22 mit unterschiedlich langen Querabschnitten 28 veranschaulicht.

In Fig. 3b ist einer der in Fig. 1 am unteren Ende der Leiterstäbe 20 angeordneten Stirnverbinder 22 mit gleichlangen Querabschnitten 28 veranschaulicht.

15

Die Stirnverbinder 22 reichen – abhängig von der Phasenzahl und der Lochzahl der elektrischen Maschine – über mehrere Nuten 16. Jeweils in einer Nut zueinander benachbart angeordnete Leiterstäbe 20 haben unterschiedlich lange, die Stirnseiten des Ständers 10 bzw. Läufers überragende Leiterabschnitte 20', 20". In der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform nimmt die Länge der Leiterabschnitte 20', 20" vom Ständerrücken 11 zum freien Ende der Zähne 18 (mit anderen Worten zum Luftspalt der elektrischen Maschine) hin zu. In entsprechender Weise sind die Stirnverbinder 22 vom Ständerrücken 11 ausgehend zu den Zähnen 18 hin anwachsend treppenartig übereinander geschichtet an den Stirnseiten des Ständers 10 angeordnet.

20

30

Wie in Fig. 1 ebenfalls gezeigt überlappen sich Stirnverbinder einer Wicklung mit Stirnverbindern einer weiteren Wicklung auch in seitlicher Richtung (In Fig. 1 zum Beispiel von Links nach Rechts). Dabei bilden die Stirnverbinder 22 mit den beiden kürzesten Leiterstäbe 20n (in Fig. 1 vorne) einer Wicklung 14 jeweils die unterste Lage, die von den Stirnverbindern der nachfolgenden, zweitkürzesten Leiterstäbe 20 dieser Wicklung 14 treppenartig (in Fig. 1 nach hinten) überlagert wird. Dieser Aufbau wiederholt sich bis zu den längsten Leiterstäben 20 (in Fig. 1 ganz hinten) dieser Wicklung 14. Zwischen die Stirnverbinder 22 einer Wicklung 14 ragen seitlich abgestuft die Stirnverbinder 22 weiterer Wicklungen 14 hinein.

35

Die Erfindung hat damit durch die in ihrer Länge stufenförmig anwachsenden Leiterstäbe in jeder Nut und die einander sowohl in Längsrichtung der Nuten treppenartig

übergreifenden Stirnverbinder einer Wicklung als auch die einander in Richtung quer zu den Nuten schuppenartig durchdringenden Stirnverbinder benachbarten Wicklungen eine sehr kompakte und raumsparende Anordnung der Wickelköpfe der elektrischen Maschine.

5

Die in den Fig. gezeigten Verhältnisse der einzelnen Teile und Abschnitte hiervon zueinander und deren Materialdicken sind nicht einschränkend zu verstehen. Vielmehr können einzelne Abmessungen auch von den gezeigten abweichen. Außerdem versteht es sich, daß die in den Fig. gezeigten Ausführungsformen für rund laufende Maschinen, also Innen- oder Außenläufermaschinen, entsprechend um eine Rotationsachse anzuordnen bzw. zu krümmen sind.

10



**Patentansprüche**

- 5 1. Wanderfeldmaschine mit einem Ständer (10) und einem Läufer, die durch einen Luftspalt getrennt sind und jeweils wenigstens eine Ständerspule (14) bzw. eine Läuferspule aufweisen, wobei
- der Ständer (10) bzw. der Läufer einen weichmagnetischen Eisenkörper mit einem Ständer- (11) bzw. Läuferücken aufweist, an dem unter Bildung von Zähnen (18) beabstandete Nuten (16) ausgebildet sind, und
  - in jeder der Nuten (16) mehrere Leiterstäbe (20) der Ständerspule (14) bzw. der Läuferspule in Reihe angeordnet sind und an den Stirnseiten des Ständers (10) bzw. Läufers angeordnete, die Leiterstäbe (20) verbindende, über mehrere Nuten (16) reichende Stirnverbinder (22) aufweisen, wobei
  - 15 - in jeder der Nuten (16) jeweils zueinander benachbart angeordnete Leiterstäbe (20a, 20b) unterschiedlich lange, die Stirnseiten des Ständers (10) bzw. Läufers überragende Leiterabschnitte aufweisen, und
  - die Stirnverbinder (22) zumindest teilweise in axialer Richtung treppenartig geschichtet an den Stirnseiten des Ständers (10) bzw. Läufers angeordnet sind.
- 20 2. Wanderfeldmaschine nach Anspruch 1, wobei
- die Stirnverbinder (22) an ihren beiden Endbereichen mit den Enden (26) der Leiterstäbe (20) durch Querabschnitte (28) verbunden sind.
3. Wanderfeldmaschine nach Anspruch 2, wobei
- die Querabschnitte (28) an den beiden Endbereichen der Stirnverbinder (22) zu den jeweiligen Enden (26) der Leiterstäbe (20) unterschiedlich lang und/oder mit unterschiedlichem Winkel abgewinkelt sind.
- 30 4. Wanderfeldmaschine nach Anspruch 1, wobei
- die Leiterstäbe (20) an ihren Enden jeweils einen Verbindungsbereich aufweisen, der mit entsprechenden Abschnitten an den Stirnverbindern (22) für eine mechanische und elektrische Verbindung zusammenpaßt.

5. Wanderfeldmaschine nach Anspruch 4, wobei

- die Verbindungsbereiche an den Enden der Leiterstäbe (20) mit entsprechend geformten Ausnehmungen (28a) der Querabschnitte (28) gefügt und/oder verschweißt, oder verlötet sind.

5

6. Wanderfeldmaschine nach Anspruch 5, wobei

- die Endabschnitte der Stirnverbinder mit den Endabschnitten des Leiterstabes durch Laserschweißen materialschlüssig verbunden sind.

10

7. Wanderfeldmaschine nach Anspruch 1, wobei

- die Nuten sich zu einem Luftspalt zwischen dem Ständer und dem Läufer hin verjüngen oder erweitern und

- die in den Nuten angeordneten Leiterstäbe abhängig von ihrer Position in der Nut eine an die Nutweite zumindest teilweise angepaßte Breite aufweisen.

15

8. Wanderfeldmaschine nach Anspruch 1, wobei

- zumindest auf einer der beiden Stirnseiten des Ständers die Stirnverbinder in Richtung des Ständerrückens und in Richtung des Luftspaltes zwischen dem Ständer und dem Läufer hin angeordnet sind, wobei

20

- die Länge der Leiterstäbe sowohl vom Ständerrücken, als auch vom Luftspalt zwischen Ständer und Läufer her zur Mitte der Nuten hin ansteigt.

### **Zusammenfassung**

Eine Wanderfeldmaschine, mit einem Ständer und einem Läufer, die durch einen Luftspalt getrennt sind und die jeweils wenigstens eine Ständerspule bzw. eine Läuferpule aufweisen, wobei der Ständer bzw. der Läufer einen weichmagnetischen Eisenkörper mit einem Ständer- bzw. Läuferücken aufweist, an dem unter Bildung von Zähnen beabstandete Nuten ausgebildet sind, und in jeder der Nuten mehrere Leiterstäbe der Ständerspule bzw. der Läuferpule in Reihe angeordnet sind und an den Stirnseiten des Ständers bzw. Läufers angeordnete, die Leiterstäbe verbindende, über wenigstens eine Nut reichende Stirnverbinder aufweisen, wobei in jeder der Nuten jeweils zueinander benachbart angeordnete Leiterstäbe unterschiedlich lange, die Stirnseiten des Ständers bzw. Läufers überragende Leiterabschnitte aufweisen, und die Stirnverbinder zumindest teilweise in axialer Richtung treppenartig in Richtung des Statorrückens oder des Luftspaltes der elektrischen Maschine geschichtet an den Stirnseiten des Ständers bzw. Läufers angeordnet sind.

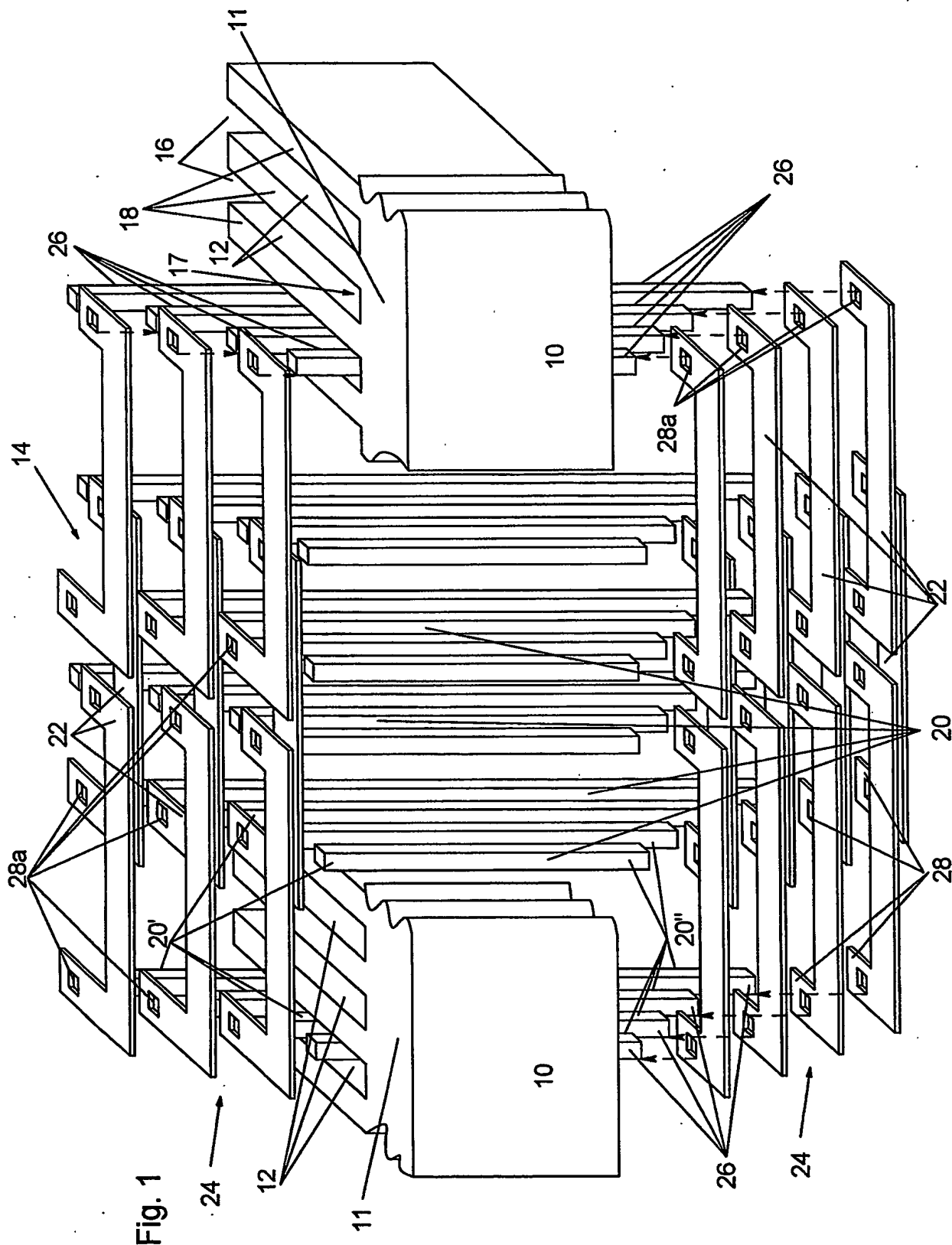
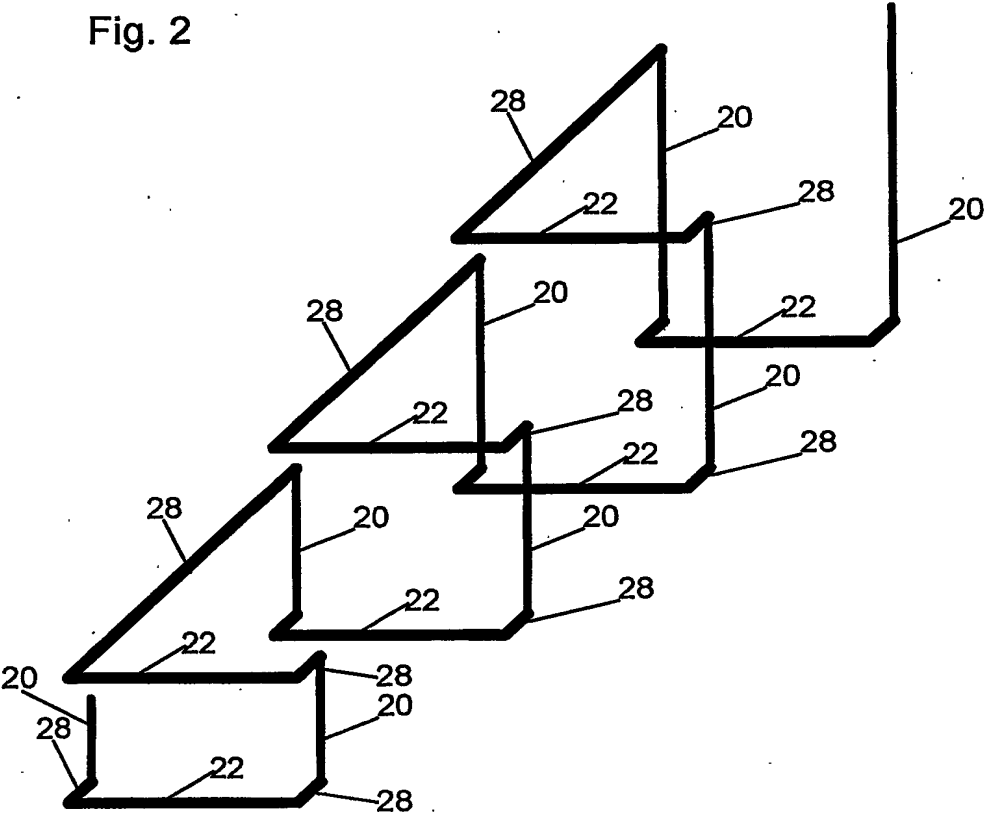


Fig. 2



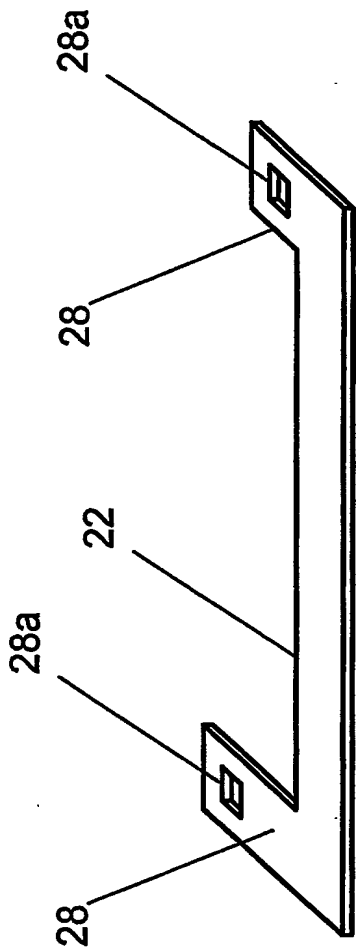


Fig. 3a

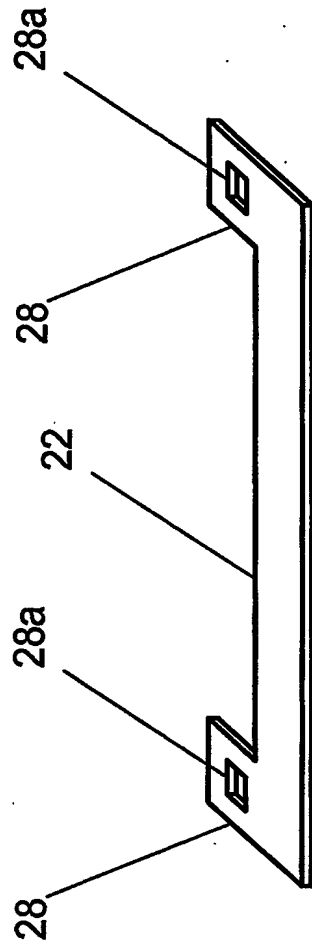


Fig. 3b